

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

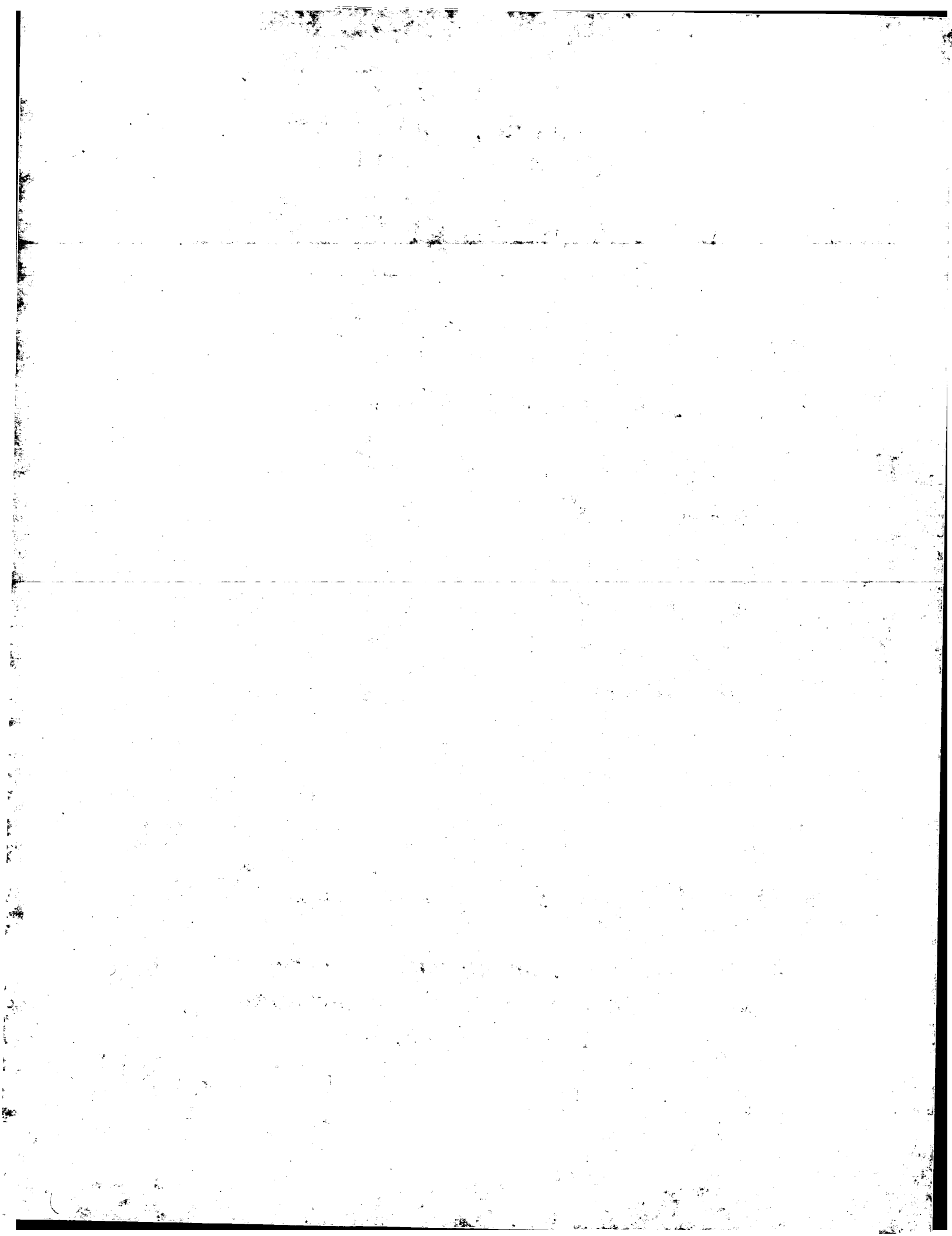
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.



Japan Patent Office (JP)

L.S.# 268

Public Report of Opening of the Patent

Opening No. of patent: H 3-71509

Date of Opening: March 27, 1991

Int.Cl.      Distinguishing mark      Adjustment No. in office

H 01 B 5/08

2116-5G

Request of examination: pending, Number of invention: 3

---

Name of invention: overhead power line

Application No. of the patent: H 1-206379

Date of application: Aug. 9, 1989

Inventor: Kiyoshi Shimojima

Hitachi Electric Wire K.K., Metal Research Center, 3550 Kitayomachi,  
Tsuchiura-shi, Ibaragi

Inventor: Koyo Oshima

Hitachi Electric Wire K.K., Toyoura Plant, 1500 Kawajiricho Hitachi-shi, Ibaragi

Applicant: Hitachi Electric Wire K.K., 1-2 2-chome Marunouchi Chiyoda-ku, Tokyo

Assigned Representative: Fujio Satoh, Patent Attorney

## Detailed Report

1. Name of the invention  
overhead power line

2. Sphere of application of patent

(requested clause 1)

It is regarding an overhead power line which consists in part or totally of an aluminum-silicon carbide composite conductor made from aluminum or an aluminum alloy and 15 to 75 volume % silicon carbide fiber.

(requested clause 2)

It is regarding an overhead power line which consists in part or totally of an aluminum composite wire made by applying aluminum tape or aluminum tube at least 0.05 mm thick around aluminum-silicon carbide composite wire with the same volume % silicon carbide fiber in requested clause 1.

(requested clause 3)

It is regarding an overhead power line which consists in part or in total of copper wire coated with aluminum-silicon carbide composite material made by applying aluminum-silicon carbide composite material with the same volume % silicon carbide fiber as in requested clause 1 to copper wire.

3. Detailed explanation of the invention

(field of industrial use)

This invention is regarding an overhead power line. Especially, it is regarding a new overhead power line which has the following characteristics: It can be used to make a light-weight power line with a reduced amount of sagging. At identical sagging rates, it has a great deal more current carrying capacity. For the same electrical capacity, the height of the steel towers (pylon) can be reduced, and installation costs for power lines can be reduced.

(prior art)

For overhead power lines which conduct electricity from a power source over wires suspended between steel towers (pylon), formerly steel cored twisted aluminum wire has been used. That is, a zinc plated steel wire is twisted to make steel core which is the tension member. Aluminum wire is twisted around its outer diameter to make the current-carrying member.

Recent increases in electrical demand is remarkable. There is a great deal of interest in increasing capacity using the existing structure or to save total cost by using lower steel towers for new installations.

Various methods for increasing capacity of power lines without increasing their diameter and without raising the steel tower have been suggested:

- (1) The tensile strength/weight ratio of the steel core is increased, and sufficient tensile strength is provided by thin steel wire. The amount that the steel core is thinned down is used for increased section area for the aluminum current-carrying wire.
- (2) Electrical capacity can be increased by using a material with a small thermal expansion co-efficient, such as invar line instead of the former zinc plated steel wire as the core. When the wire is heated by current and the whole power line expands thermally, the invar line with small co-efficient of expansion takes the tension load in order to prevent sagging.
- (3) Instead of the above zinc plated steel or invar wire, FRP bundles of extremely light weight aramide fiber or carbon fiber in a strong resin polyester or epoxy are used. The tensile strength will not be reduced, and the weight of the wire is reduced. As a result, sagging due to its own weight can be reduced.

(solution of the problem and its function)

Figure 10 is a section which shows a specific example of invar core twisted aluminum wire which consists of invar wire 10 as suggested above as the tension member and then twisting aluminum elementary wire 2 around it.

The co-efficient of linear expansion of invar is approximately  $1.0 \times 10^{-6}$ , while the CTE of zinc plated steel wire is about  $12.0 \times 10^{-6}$ . So, even if the current is increased and the temperature of the power line increases, sagging can be controlled sufficiently. Because of this, it has already been used in some real-world applications. However, even if the co-efficient of linear expansion can be lowered, the strength of the invar line itself is small compared to steel wire. Therefore, the sectional area of the core has to be increased. Overall tension levels in the wire tend to increase compared to the former steel core twisted aluminum wire. There are also several failure modes associated with invar. So, although these failure modes can be addressed, there is a possibility that the wire may break unexpectedly under increased tension.

FRP wire which bundles carbon fiber or silicon carbide with epoxy resin has been used for real world applications. By using this material, high strength twisted wire with light weight can be applied as the tension member from the power line. This FRP has about 60 % fiber, and its relative weight when epoxy resin is used as the matrix is approximately 1.5, which is about 1/5 that of steel wire, which is very light-weight indeed. Also, its co-efficient of linear expansion is  $2 \times 10^{-6}$ , which is almost equal to that of invar.

However, the weakness of FRP which uses carbon fiber or silicon carbide is that the matrix is plastic. Since it uses epoxy resin, it has problems in high temperature applications. Regardless of the fact that the fiber is good to 1200 to 2500 C, which is

extremely high, the temperature limit of the FRP is 150 C at most. Therefore, even if the co-efficient of linear expansion is small, this material is not as good as invar.

Thermal deterioration is expected after long use, and it is too weak to be used as a tension member for overhead power lines which require reliability for long periods of time.

Therefore, instead of FRP which uses plastic as the matrix, FRM which uses a metal matrix has been suggested.

However, there is a small process window for manufacturing metal FRM. At high temperatures, there is a reaction between the inorganic fiber and the matrix metal, and at low temperatures the metal does not wet the fiber. Therefore, although there has been much recent progress in developing these materials for general construction, for application to electric wire, especially, overhead power lines, an appropriate FRM has not yet been found.

The conventional electric wire which uses FRM shown in figure 9 has been suggested in the past. It is made of twisted copper-carbon fiber composite wire 22, 22 which consists of carbon fiber 20 in a copper matrix 21. It is then coated with copper 23 around it. However, if the matrix and outer coating are copper, it is not appropriate as an overhead power line and it cannot be used. Not only that, wetting of carbon fiber by copper is bad, and they cannot be made into a composite material directly. One way it can be done is by plating copper on carbon fiber beforehand and evaporating copper on that. Therefore, it has too many problems in terms of manufacturing productivity.

The idea that FRM wire which is suitable for overhead power lines could be obtained if the composite wire is manufactured using an aluminum matrix is probably obvious to anyone in this business. However, bad wetting of carbon fiber and aluminum is same as for copper. Even if such aluminum-carbon fiber composite wire could be manufactured, carbon fiber easily reacts with aluminum, and carbides such as  $Al_4C_3$  are formed. It has gradually become clear from recent research that this decomposes due to moisture in the air resulting in a huge loss of strength.

The object of this invention is to offer a new overhead power line that can solve the problems with the prior art such as those described above. The power line in this invention is much lighter weight. Not only that, the co-efficient of linear expansion is a lot smaller than that of the former power line. Even when wire tension is decreased, sagging due to rising temperature can be controlled. Because of these things, an increase in electrical capacity and shorter steel towers can be realized.

(Steps for solving problems)

It is regarding an overhead power line which consists in part or totally of an aluminum-silicon carbide composite conductor made from aluminum or an aluminum alloy and 15 to 75 volume % silicon carbide fiber. Also, it is regarding an overhead power line which consists in part or totally of an aluminum composite wire made by applying aluminum tape or aluminum tube at least 0.05 mm thick around aluminum-silicon carbide composite wire with the same volume % silicon carbide fiber. It is also regarding an overhead power line which consists in part or in total of copper wire coated

with aluminum-silicon carbide composite material made by applying aluminum-silicon carbide composite material with the same volume % silicon carbide fiber to copper wire.

(Function)

When silicon carbide fiber is made into a composite in aluminum, not only is it wet by the aluminum, but there is hardly any danger of a reaction with aluminum as stated above. Accordingly, aluminum-silicon carbide fiber composite wire can be used as power line instead of steel core aluminum twisted wire. However, to attain the necessary strength for overhead power lines and to meet the demand for light weight, it is necessary to have 15 volume % silicon carbide fiber or more. To keep the manufacturing process simple while considering the weakness of silicon carbide fiber in bending, the volume % silicon carbide fiber has to be less than 75 %. An improvement in bending and in conductivity can be achieved by coating at least 0.05 mm of aluminum around the composite wire, and its potential for use as electric wire could be improved much more.

(Examples of practice)

In the following, this invention is going to be explained using examples of practice.

Figure 1 is a cross section of one example of practice of an overhead power line according to this invention which consists of twisted aluminum-silicon carbide composite wire 1, 1. Figure 3 is an enlarged section which shows the construction of the aluminum-silicon carbide composite wire 1 in figure 1.

As understood from figure 3, the aluminum-silicon carbide composite wire 1 according to this invention has an aluminum or aluminum alloy matrix 1b and preferably long silicon carbide fibers 1a, 1a made into a composite wire.

In order to manufacture this composite wire 1, a plating treatment or metal evaporation pre-treatment like the ones required for copper-carbon fiber composite wire is not necessary. It is done with the following processes: silicon carbide fiber yarn is spread apart with the appropriate spacing; passed through molten aluminum; squeezed by an appropriate die; and finished to the diameter needed. Aluminum and silicon carbide have sufficient wetting, and there is no possibility of the formation of deleterious compounds at the interface.

It is also acceptable to make twisted wire such as the one shown in figure 1 using the aluminum-silicon carbide composite wire 1 manufactured as in the above. This twisted wire is suitable for overhead power line according to this invention. Its cross section is shown in figure 2, for example. It is also acceptable to use the following steps next. That is, only the outermost layer is made from aluminum wire 2, 2, while the inner layer and core section are all made from aluminum-silicon carbide composite wire 1, 1. The light weight, strength, and low thermal expansion sought by this invention are provided by the inner aluminum-silicon carbide composite wire 1, 1 while the outermost aluminum wire 2, 2 plays the role of electrical conductor.

Also, as shown in figures 1 and 2, the aluminum-silicon carbide composite wire 1 can be used as the primary wire for twisted wire as it is. In that case, the volume % (Vf) of silicon carbide fiber would determine whether it is appropriate for use as a power line.

Figure 10 is a plot of the tensile strength of 1mm composite wire made of pure aluminum as the matrix and 15  $\mu\text{m}$  silicon carbide (SiC) for various Vf.

As is understood from the figure, as the Vf of SiC increases, the tensile strength increases gradually. It increases sharply as the Vf exceeds 75 %.

From figure 10, it is understood that there is hardly any improvement in tensile strength of aluminum when Vf is less than 15 %. After that, as Vf increases, the tensile strength increases gradually. As stated above, a sudden increase is seen at 75 % Vf. This thought to be because the tensile strength of the SiC in the composite wire starts having a direct influence.

Figure 11 is a plots of Vf SiC and electrical conductivity using the same samples as in figure 10.

It is well understood from comparing both figures that as the electrical conductivity in figure 11 increases, the tensile strength shown in figure 10 decreases. The fact that electrical conductivity drops sharply when the Vf exceeds 75 % is shown here. It is thought that this is the result of the insulating property of SiC which is due to the decreasing volume of aluminum which is the conductor.

When figure 10 and figure 11 above are seen together, it could be said that the upper limit of Vf that can be used as power line is around 75 %.

Putting everything together, it could be said that the appropriate Vf of SiC for aluminum-silicon carbide composite wire according to this invention in the range of 15 to 75 %.

However, although the Vf of SiC can be from 15% to 75 as stated above, the fragility of silicon carbide cannot be avoided, and the flexibility during installation or during manufacturing depend on the Vf of silicon carbide.

Regarding the problem of flexibility due to this fragility, the inventors of this invention found that it could be solved by coating aluminum or aluminum alloy around the aluminum-silicon carbide composite wire.

Figure 12 is shows the aluminum coating thickness and the acceptable flexural radius after various thicknesses of aluminum are applied to aluminum-silicon carbide composite wire. The Vf is 60 % and the outer diameter is 1 mm.

As is obvious from figure 12, the flexural radius can be improved very remarkably by aluminum coating. It is also understood that its the coating thickness has a big effect at 0.05 mm thickness.

Accordingly, when the Vf is increased and the strength, light-weight, and low thermal expansion need to be improved more, it is appropriate to coat the composite wire with 0.05 mm or more aluminum or aluminum alloy. By this, problems due to increasing the Vf can be sufficiently mitigated.

The effects of this aluminum coating were confirmed for aluminum tape winding or aluminum tube coating.



Figure 4 and figure 5 show a second example of practice where aluminum coating is done around the aluminum-silicon carbide composite wire 1. In each figure, (a) is a side view; and (b) is an end view.

Figure 4 shows the case where aluminum tape 3a is wound around aluminum-silicon carbide composite wire 1 to make aluminum tape covered composite wire 3. Figure 5 shows the case where aluminum tube 4a is applied to the same composite wire 1 to make aluminum tube covered composite wire 4.

In figure 4, where aluminum tape is steam-bonded or wrapped, or when aluminum is put vertically and covered, the joint section can be seamed and melt bonded, and the tube can be shrunk by a die. Also, in figure 5, the aluminum tube can be extruded easily.

Neither case requires that the wire be work hardened like some conventional wire-making processes. It is more important to insure that the inner fiber is not broken.

It is acceptable to make twisted wire by using only the aluminum coated composite wire 3 or 4 to make overhead power line. Or, for example, as shown in figure 6, it is also acceptable to use the aluminum tube coated composite wire 4 as aluminum-silicon carbide composite wire 1 to replace the steel core part of the former steel core aluminum twisted wire. Aluminum wire 2, 2 are twisted around the twisted composite core to make an aluminum twisted wire with a composite core. In this case, overhead power line which solves all the problems with the invar core aluminum twisted wire shown in figure 8 can be produced.

Figure 13 is linear figure which shows the high temperature durability of composite wire according to this invention with Vf 40 % SiC and pure aluminum wire with the same radius at 350 C.

Although pure aluminum wire was softened in a very short time, the composite wire of this invention showed no drop in tensile strength even after 1000 hours. Therefore, it could be said that this proves that this wire has extremely good high temperature characteristic.

If the overhead power line in to this invention which has such high temperature characteristic, low thermal expansion characteristic, and appropriate electrical conductivity is used, it is possible to provide more capacity at the same amount of sagging. Another result is that the sagging can be reduced at the same capacity, it is possible to reduce the height of the steel towers considerably. Therefore, not only are construction costs decreased, but it also contributes to improvement in environmental problems.

In the above, we have been explaining examples which use aluminum-silicon carbide composite wire by itself or uses it as primary wire by coating it with aluminum. However, it can be also constructed as shown in figure 7 if necessary.

In this example of practice, an aluminum-silicon carbide composite material cover 1' within the Vf range of this invention is applied to steel wire 5a to make aluminum-silicon carbide composite coated steel wire 5. Power line can be made by twisting this composite-coated steel wire 5, but its properties can be used to more advantage by using it as ground wire. Since the strength in this case is provided by the steel wire 5a, short SiC fibers can be used instead of long fibers which were preferred in the examples above.

For manufacturing this, SiC is mixed in molten aluminium so that it will be  $15 \leq V_f \leq 75$  (%), and steel wire is plated.

If the composite wire shown in figure 7 is used for ground wire, high temperature performance is increased even more by SiC fiber. It is possible to reduce melting of the aluminum as seen in former examples in the past a great deal.

#### (Effects of this invention)

As stated above, the overhead power line in this invention is very light weight while maintaining sufficient strength for electric wire. Sagging due to its own weight can be minimized, and electrical capacity can be increased due to the small co-efficient of thermal expansion and extremely good high temperature properties. Even if substantial heating is produced in the power line by increased current, there is no sagging due to thermal expansion or loss of strength. Since stable performance can be maintained over a long period of time, it is possible to increase electrical capacity using conventional steel towers. For new construction, tower height can be lowered. Also, since the height can be minimized, not only can it be used in limited space in town or other places, but the influence of wind driven vibration on the electric wire is small. Therefore, there is no limit to the possibility of this invention.

#### 4. Simple explanation of figures

Figure 1 and figure 2 show two examples of practice of the electric wire in to this invention; figure 3 is an enlarged section which shows the construction of elementary wire according to this invention; figure 4 and figure 5 show aluminum coating around composite elementary wire, each figure (a) is a side view and (b) is an end view; figure 6 shows aluminum coated composite wire according to this invention used instead of a steel core in steel core twisted aluminum wire; figure 7 shows an example of practice of composite coated steel wire according to this invention; figure 8 is section of former invar core twisted aluminum wire; figure 9 shows a specific example of electric wire which uses copper carbon fiber composite wire; figure 10 shows the relationship between  $V_f$  and tensile strength; figure 11 shows the relationship between  $V_f$  and electrical conductivity; figure 12 shows the relationship between aluminum coat thickness and acceptable flexural radius; and figure 13 shows high temperature durability test results.

#### explanation of numbers in figures

1: aluminum-silicon carbide composite wire, 2': aluminum-silicon carbide composite cover, 1a: silicon carbide fiber, 1b: aluminum or aluminum alloy matrix, 2: aluminum wire, 3: aluminum tape coated composite wire, 3a: aluminum tape, 4: aluminum tube coated composite wire, 4a: aluminum tube, 5: aluminum-silicon carbide composite covered steel wire, 5a: steel wire

⑫ Int.Cl.<sup>3</sup>

H 01 B 5/08

識別記号

庁内整理番号

2116-5G

⑬ 公開 平成3年(1991)3月27日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全7頁)

⑭ 発明の名称 架空送電線

⑮ 特 願 平1-206379

⑯ 出 願 平1(1989)8月9日

⑰ 発 明 者 下 嶋 清 志 茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線株式会社金属研究所内

⑱ 発 明 者 大 島 興 洋 茨城県日立市川尻町1500番地 日立電線株式会社豊浦工場内

⑲ 出 願 人 日立電線株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

⑳ 代 理 人 弁理士 佐藤 不二雄

明 細 書

1. 発明の名称 架空送電線

2. 特許請求の範囲

(1) アルミ又はアルミ合金と炭化ケイ素樹脂とを複合し、当該炭化ケイ素樹脂の体積複合率を15～75%としてなるアルミ炭化ケイ素複合線を導体の1部あるいは全部として相成してなる架空送電線。

(2) 請求項1の炭化ケイ素樹脂複合率よりなるアルミ炭化ケイ素複合線の外周にアルミテープあるいはアルミパイプを肉厚において0.05mm以上被覆してなるアルミ被覆複合線を導体の1部あるいは全部として相成してなる架空送電線。

(3) 鋼線の外周に請求項1の炭化ケイ素樹脂複合率よりなるアルミ炭化ケイ素複合材を被覆してアルミ炭化ケイ素複合材被覆鋼線とし、それを導体の1部あるいは全部として相成してなる架空送電線。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

本発明は、架空送電線に関し、とくに送電線自体の重量化を達成すると共に架線弛度の低下を抑制可能に相成し、同一弛度においては通電容量の大巾な増大を可能ならしめ、同一通電容量の場合には鉄塔の高さをより低くすることができ、その分送電線路の建設コストを低減することができる新規な架空送電線に関するものである。

【従来の技術】

鉄塔間に架線し電源地より電力を送電する架空送電線は、従来より鋼心アルミ線が使用されてきた。すなわち、テンションメンバーとなる亜鉛メッキ鋼線を鋼合せて鋼心とし、その外周に導電メンバーとしてのアルミ線を鋼合せて線に相成してなるものである。

近年、電力需要の増大は著しく、同じ送電線を用いてできる限り送電容量を増加できるようにしたり、あるいは鉄塔の高さを可能な限り低く建設し、過剰的な経費の節減を図ろうとする気運が次第に高まりつつある。

送電線の外径を太くすることなくあるいは鉄塔を高くすることなく、送電線の送電容量を増大させる手段として、

- (1) 鋼心の比強度(引張強さ/重量)を大きくし、細い鋼線によって十分な張力維持を可能ならしめ、当該鋼心を細くした分だけ導電メンバーとなるアルミ素線の占める断面積を大きくする。
- (2) 鋼心として従来の亜鉛メッキ鋼線の代りに熱膨張係数の小さな例えばインバー線を用い、送電線の通電容量を増大させて通電による発熱が生じ、送電線全体が熱膨張する場合に、前記熱膨張係数の小さいインバー線にテンションメンバーとしての役割を果させ、架線弛度の低下を防止する。
- (3) 上記亜鉛メッキ鋼線やインバー線の代りに重量の極めて軽いアラミド繊維、炭素繊維などをポリエステル系樹脂あるいはエポキシ系樹脂のような強度の大きい樹脂により結束して線状としたFRP線を用い、テンションメ

る従来の鋼心アルミ素線より大きくなる傾向がある。さらに、インバーにはある種の脆性が存在しており、添加元素や熱処理などによって当該脆性を緩和できるとはいえ、やはり上記大きな架線張力下において不測の折損にいたるといった不安がないとはいえない。

また、FRP線を用いる場合、炭素繊維や炭化ケイ素をエポキシ系樹脂で結束されたものが実用化されていて、これによって重量の軽い高強度線を送電線のテンションメンバーとして適用できるようになっている。このFRPは、繊維含有率が60%程度でエポキシ樹脂をマトリックスに用いた場合の比重が約1.5程度であって鋼線の約1/5と非常に軽量である。また、線膨張係数も $2 \times 10^{-6}$ と前記インバー線とほぼ同等の値を有している。

しかし、炭素繊維、炭化ケイ素を用いたFRPの欠点は繊維結束をしているマトリックスがプラスチックであるということである。すなわち、エポキシ系樹脂を用いているため耐熱性に劣るとい

ンバーとしての強度を確保しつつ電線そのものの重量を小さくし、結果的に電線の自重による弛度の低下を小さくする。

といった種々な提案がなされている。

[発明が解決しようとする課題]

第10図は、上記した既提案のインバー線10、10をテンションメンバーとし、その外周にアルミ素線2、2を融合してなるインバー心アルミ素線の具体例を示す断面図である。

インバーの線膨張係数はほぼ $1.0 \times 10^{-6}$ であるから、亜鉛めっき鋼線がほぼ $12.0 \times 10^{-6}$ 程度であることと比較すると、その熱膨張係数は遙かに小さく、大容量の送電を行ない送電線がその通電電流によって大巾に温度上昇しても、その弛度の低下を十分に抑制することができることになる。このため、一部の実線路においてすでに採用され、実用化されている。しかし、線膨張係数を下げることはできてもインバー線そのものの強度は鋼線に比べると小さく、鋼心部分の断面積はむしろ大きくせざるを得ず、架線張力はむしろ

う問題は避けられない。上記繊維の単独での耐熱性は $1200 \sim 2500^{\circ}\text{C}$ と極めて高いにもかかわらず、FRPに構成した場合の使用上の温度は高々 $150^{\circ}\text{C}$ であり、線膨張係数を小さくできても、その効果はインバー線を用いたものには到底及ばない。

さらに、長時間の使用に対しても熱的劣化が予想され、長期間信頼性を必要とする架空送電線用テンションメンバーとしてはむしろ欠点が多すぎる。

そこで、マトリックスとしてプラスチックを使用しているFRPに代えて、マトリックスに金属を用いたFRMを使用しようとする試みも提案されている。

しかし、無機繊維とマトリックス金属との反応性が小さく反面濡れ性が良好でなければならないという相反する性質を有していることがFRM製造上の必須条件であり、一般構造用材料としての開発は近年顕著に進められてはいるものの、電線とくに架空送電線として適用する上で適当な

FRMはまだ見出されていない。

FRMを用いた公知の電線として、第9図に示すような構成よりなる電線が提案されている。これは銅マトリックス21にカーボン繊維20を複合させた銅カーボン繊維複合線22、22を複合せ、その外周に銅外被23を施したものである。しかし、マトリックスおよび外被が銅であれば、架空送電線としては不適切であり使用できない。しかも、カーボン繊維と銅の濡れ性が悪く、直接複合することができないため、カーボン繊維に予め銅メッキしたり銅を蒸着したりする前処理を行なった後複合線に構成する必要があるため、工業的生産性の意味からいっても問題が多い。

上記複合線をアルミマトリックスを用いて製造すれば、架空送電線に適したFRM線を手に入れるであろうといった着想は当業者の容易に想到するところであろう。しかし、カーボン繊維とアルミとの濡れ性が悪いのは上記銅の場合と同じであり、しかもかかるアルミカーボン繊維複合線を製造したとしても、カーボン繊維はアルミとの反応

を起し易く、A、C等の炭化物が形成され、これが空気中の水分によって分解し著しい強度低下を来す結果となるおそれのあることが、最近の研究によって次第に明らかになってきている。

本発明の目的は、上記したような従来技術の有する問題点を解消し、送電線自体の格段の堅固化を達成し、しかも線路張力が従来の送電線に比べて非常に小さく、架線張力の低減と同時に通電による電線温度上昇の際の強度低下をも大巾に抑制でき、それによって送電容量の増大あるいは鉄塔高さの縮小化を実現可能ならしめ得る新規な架空送電線を提供しようとするものである。

#### 〔問題を解決するための手段〕

本発明は、アルミ又はアルミ合金と炭化ケイ素繊維とを複合し、当該炭化ケイ素繊維の体積複合率を15～75%としてなるアルミ炭化ケイ素複合線を導体の1部あるいは全部として構成したものであり、またかかる炭化ケイ素繊維複合率よりなるアルミ炭化ケイ素複合線の外周にアルミテープあるいはアルミパイプを肉厚において0.05

以上被覆してなるアルミ被覆複合線を導体の1部あるいは全部として構成したものであり、さらには、鋼線の外周に上記した炭化ケイ素繊維複合率よりなるアルミ炭化ケイ素複合材を被覆してアルミ炭化ケイ素複合材被覆鋼線とし、導体の1部あるいは全部として構成したものである。

#### 〔作用〕

アルミに炭化ケイ素繊維を複合させた場合、アルミとの濡れ性が良い上、上述したアルミとの反応を起こす危険性はほとんどない。従って、アルミ炭化ケイ素繊維複合線は、鋼心アルミ線に代えて送電線として十分に使用できる。しかし、架空送電線としての高強度の確保と本発明が求めるより堅固化への妥協という観点からすれば、炭化ケイ素繊維の体積複合率を15%以上とする必要があり、炭化ケイ素繊維の有する脆さを許容し電線として製造する上での曲げ半径を確保して製造ならびに架線工事の容易化を確保する一方、電線として必要な導電率を保有させるためには、その複合率は75%以下とする必要がある。そして、

#### 〔実施例〕

以下に、本発明について実施例を参照し説明する。

第1図は、本発明に係るアルミ炭化ケイ素複合線1、1を複合せて本発明に係る架空送電線としてなる実施例の断面図であり、第3図は第1図のアルミ炭化ケイ素複合線1の構成を説明するために、その1本を拡大して示した拡大断面図である。

第3図よりわかるように、本発明に係るアルミ炭化ケイ素複合線1は、アルミ又はアルミ合金をマトリックス1bとし、これに炭化ケイ素の研ましくは長繊維1a、1aを複合させ、一体化して複合線に構成したものである。

このような複合線1を製造するには、先の銅カーボン繊維複合線におけるように前処理としてのメッキ処理や蒸着処理は一切必要ではない。すな

わち、炭化ケイ素繊維ヤーンを適当な間隔をもって並び、溶融アルミ浴中を通過させ、その後適当な絞リダイスで絞リ、必要な線径となるように仕上げればそれでよく、アルミと炭化ケイ素は十分な濡れ性を有し、かつ両者の界面に有害な化合物の生成するおそれもない。

上記のようにして製造したアルミ炭化ケイ素複合線1の全部をもって第1図に示すような撚線を構成し、本発明に係る架空送電線としてもよいが、第2図にその断面図を示したように、例えば最外層のみをアルミ素線2、2により構成し、内層および心部をすべてアルミ炭化ケイ素複合線1、1をもって構成し、内側のアルミ炭化ケイ素複合線1、1には本発明が求める軽量化と強度確保ならびに低熱膨張性を分担させ、最外層のアルミ素線2、2に導電メンバーとしての役目を果させるようにしても差支えはない。

また、アルミ炭化ケイ素複合線1はそのままの状態第1および2図に示すように撚線の素線として使用することが可能ではあるが、その場合炭

られる。

第11図は、第10図の場合と同じ供試材を用いS i CのV fと導電率の関係をプロットした線図である。

第11図の導電率の変化の状態は、第10図に示す引張強さの変化の状態を丁度逆にしたような関係となっていることが両図の対比によってわかる。ここでもV fが75%を超えると導電率が急激に低下するようになることが示されている。これは導電メンバーとなっているアルミの体積が縮小することでS i Cそのものの絶縁体的な性質が表面に現われてくる結果と考えることができる。

上記第10図および第11図の両方の挙動を総合すれば、送電線として使用することのできるS i CのV fの上限は75%近傍にあるということが出来る。

従って、上記それぞれを総合すると、本発明に係るアルミ炭化ケイ素複合線のS i CのV fは15~75%とすることが適当であるということが出来る。

炭化ケイ素の体積複合率（以下これをV fという）が如何なる範囲であることが送電線として適当であるかということが問題となる。

第10図は、マトリックスとして純アルミを使用し、外径15μmの炭化ケイ素（以下S i Cと表示する）をさまざまなV fを有するように複合させて外径1mmの複合線に製造し、常温におけるV fと引張強さの関係をプロットした線図である。

図よりわかるように、S i CのV fが大きくなるに従い、引張強さは次第に向上し、75%を超える辺りから直線的な勾配をもって急上昇している。

第10図から、V fが15%以下ではアルミの引張強さを改善する効果はほとんどみられず、S i Cは少くとも15%以上複合させる必要のあることが、この図によってわかる。その後V fを大きくするに従い、引張強さは次第に上昇する。そして、前述したようにV f 75%以上において急上昇がみられる。これは複合線中のS i C本来の引張強さが直接影響するようになるためと考え

しかして、S i CのV fを上記15~75%とすることが適当ではあるが、炭化ケイ素の複合率によっては炭化ケイ素が宿命的に有する脆さが電線として製造あるいは架線する際の曲げへの影響として問題となることが考えられる。

このような脆さに起因する曲げの問題については、アルミ炭化ケイ素複合線の外周にアルミ又はアルミ合金を被覆することで解決できることを発明者らは見出した。

すなわち、第12図はS i CのV fを60%とし外径1mmとしてなるアルミ炭化ケイ素複合線の外周に様々な厚さにアルミを被覆し、そのアルミ被覆厚さと許容曲げ半径の関係を測定した結果を示す線図である。

第12図より明らかなように、曲げ半径はアルミ被覆を行なうことで極めて顕著に改善され、その被覆厚さも0.05mm厚のアルミ被覆によって大きな効果を示すようになることがわかる。

従って、S i CのV fを大きくし、強度と軽量化および低熱膨張性をより増大させたい場合には、

アルミ炭化ケイ素複合線の外周に0.05mm以上のアルミ又はアルミ合金を被覆することが適当であり、それによってSICのVf増大に由来する問題点は十分に解消させることができる。

このようなアルミ被覆を行なう効果としては、アルミテープ巻あるいはアルミチューブ被覆のいずれであっても効果の上で差のないことも確かめられている。

第4および5図は、上記アルミ炭化ケイ素複合線1の外周にアルミ被覆をする場合の2例の実施例を示すものであり、各図において(a)はその説明正面図を、(b)はその端面図をそれぞれ示したものである。

第4図は、アルミ炭化ケイ素複合線1の外周にアルミテープ3aを巻回してアルミテープ被覆複合線3としたものであり、第5図は同じく複合線1にアルミパイプ4aを被覆してアルミパイプ被覆複合線4とした場合をそれぞれ示している。

第4図の場合はこのようにアルミテープを密着あるいはラッピング巻回した状態で、またアルミ

る複合線材と同径の純アルミ線との350℃における高温耐久性を測定した結果を示す線図である。

純アルミ線は極めて短時間に酸化してしまっているが、本発明複合線は、1,000時間経過後においても引張強度の低下がほとんど認められず、非常に優れた高温特性を有することを端的に実証しているといえることができる。

このような高温特性ならびに低熱膨張特性さらには適当な導電性を有する本発明に係る架空送電線を用いれば、同一強度においてはより大きな送電容量での送電が可能となるし、同一送電容量に対しては強度の低下を格段に小さく維持し得る結果、鉄塔高さをかなり低くすることが可能となり、建設費用の低減に直結するばかりでなく、環境問題の改善にも寄与し得ることになる。

以上は、アルミ炭化ケイ素複合線を単独あるいはアルミ被覆して線材として使用する例について説明したが、場合により第7図のように構成することもできる。

この実施例は、図5aの外周に本発明に係る

テープを被覆し被覆した場合は接合部をシーム溶接し、然る後ダイスで廻管すればよい。また、第5図の場合は押出法によって容易にアルミパイプを被覆することができる。

いずれの場合にも、従来より金属線材において行なわれているような塑性加工による強度付与の必要はなく、内部の繊維を長手方向に切断したりしないように配慮することがむしろ必要である。

このようなアルミ被覆複合線3又は4を全部用いて線材とし、架空送電線としてもよいし、例えば第6図に示すように従来の同心アルミ線材の同心部分に内部にアルミ炭化ケイ素複合線1を有するアルミパイプ被覆複合線4を用いその外周にアルミ線2、2を組合せてアルミ炭化ケイ素複合線心アルミ線材に相成してもよい。とくに後者の場合には、第8図に示したインバー心アルミ線材の有する前述した欠点をすべて解決した架空送電線を提供できることになり、有用性の上からみても高く評価することができる。

第13図は、SICのVf40%の本発明に係る

Vf50%のアルミ炭化ケイ素複合材被覆1'を被覆してアルミ炭化ケイ素複合材被覆四線5としたものであり、この複合材被覆四線5を組合せて送電線としてもよいが、むしろ架空地線として使用することでその特性を発揮し得るものである。この場合の強度は四線5aが分担することとなるから、SICはこれまでの長尺繊維ではなく短尺繊維を用いても差支えない。

これを製造するにはアルミ溶湯中に $15 \leq Vf \leq 75$ (%)となるようにSICを混入させ、図13上にどよ付けメッキすればよい。

第7図に示す複合線材を架空地線に使用すれば、SIC繊維により耐熱性が増大し、従来例においてみられたアルミのみが溶損してしまう現象を大巾に緩和することが可能になる。

#### 〔発明の効果〕

以上の通り、本発明に係る架空送電線によれば、線材に十分な強度を保持させつつ大巾な軽量化が可能となり、自重による強度の低下を最少限にできるばかりでなく、小さな熱膨張係数と極めて低

れた耐熱特性とにより通電容量を増大させそれによって送電線にかなりの発熱が生じても強度の低下や熱膨張による弛度の低下がなく、長期間にわたり安定した性能を維持できるから、既存の鉄塔を用いて送電容量の格段の増大が可能となり、新設鉄塔においてはその高さを低くできた小型化できることで市街地およびその近傍での用地難にも対応ができるばかりでなく、電線への風圧振動の影響が小さくなり軽微な対策で済ませることができるようになるなど、その工業上に及ぼす意義には語り知れないものがあるといえることができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1および2図は本発明に係る電線の2種の実施例を示す断面図、第3図は本発明に係る複合材料素線の構成状況を示す拡大断面図、第4および5図は複合材料素線の外周にアルミ被覆をした様子を示すものであり、各図(a)はその説明正面図、各図(b)はその端面図、第6図は銅心アルミ熱線の銅心の代りに本発明に係るアルミ被覆複合材料素線を用いた例を示す断面図、第7図は本発明に

係る複合材料被覆鋼線の実施例を示す断面図、第8図は従来のインバー心アルミ熱線の断面図、第9図は銅カーボン繊維複合線を用いた電線の具体例を示す断面図、第10図はSiCのVfと引張強さの関係を示す線図、第11図は同じくSiCのVfと導電率の関係を示す線図、第12図は本発明に係るアルミ被覆複合材料素線のアルミ被覆厚さと許容曲げ半径の関係を示す線図、第13図は高温耐久性試験結果を示す線図である。

1 : アルミ炭化ケイ素複合線、

1' : アルミ炭化ケイ素複合材料被覆、

1a : 炭化ケイ素繊維、

1b : アルミ又はアルミ合金マトリックス、

2 : アルミ素線、

3 : アルミテープ被覆複合線、

3a : アルミテープ、

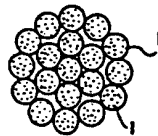
4 : アルミパイプ被覆複合線、

4a : アルミパイプ、

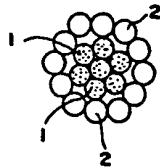
5 : アルミ炭化ケイ素複合材料被覆鋼線、

5a : 鋼線。

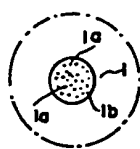
第1図



第2図

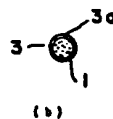
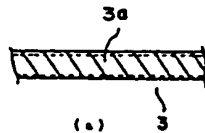


第3図

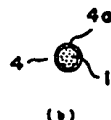
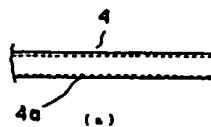


- 1 : アルミ炭化ケイ素複合線
- 1a : 炭化ケイ素繊維
- 1b : アルミ又はアルミ合金マトリックス
- 2 : アルミ素線
- 3 : アルミテープ被覆複合線
- 3a : アルミテープ
- 4 : アルミパイプ被覆複合線
- 4a : アルミパイプ

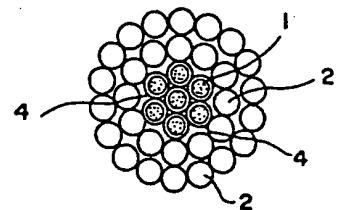
第4図



第5図



第6図

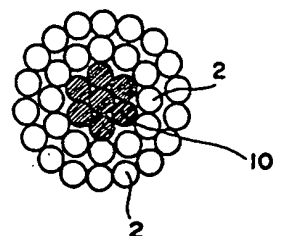


第7図



- 1 : アルミ炭化ケイ素複合線
- 1' : アルミ炭化ケイ素複合材料被覆
- 2 : アルミ素線
- 4 : アルミパイプ被覆複合線
- 5 : アルミ炭化ケイ素複合材料被覆鋼線
- 5a : 鋼線
- 10 : インバー線

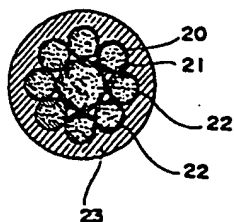
第8図



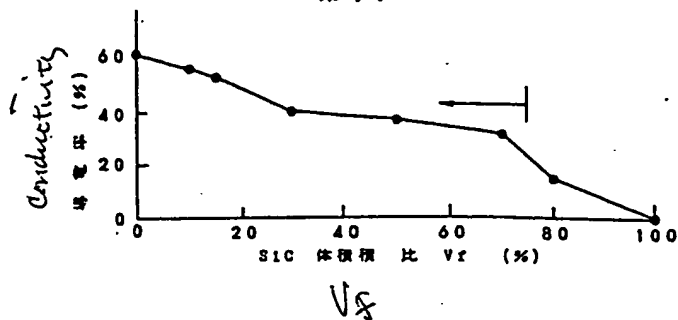


第9図

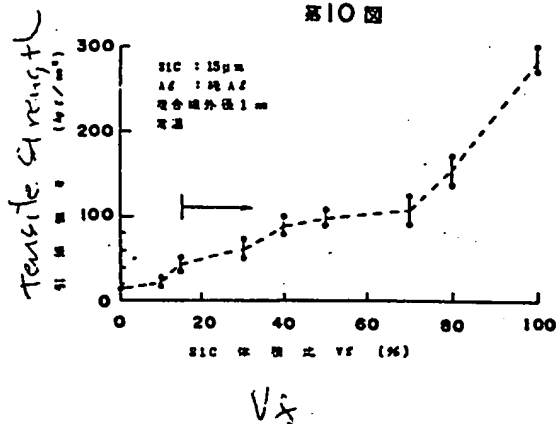
- 20: カバーコート層
- 21: 銅マトリックス
- 22: カバーコート層/銅マトリックス界面
- 23: 銅粒子



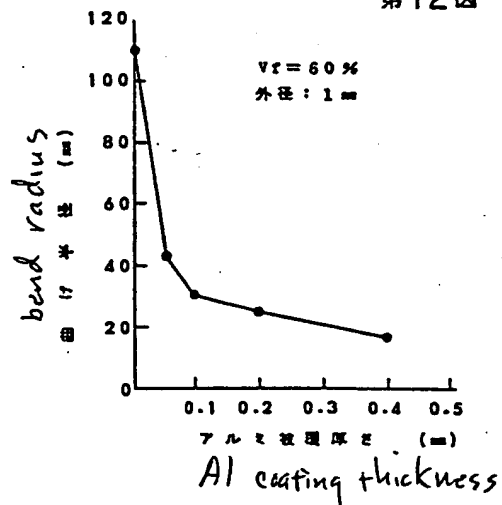
第11図



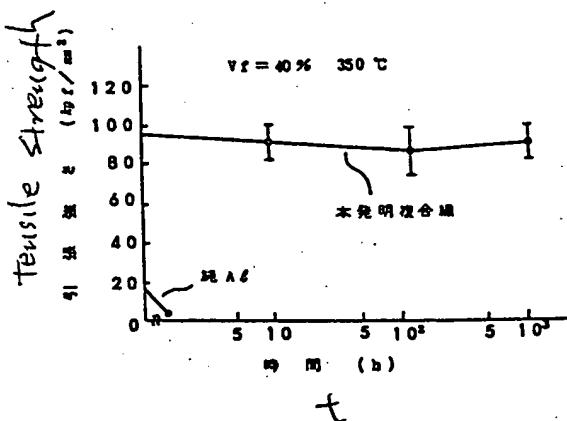
第10図



第12図

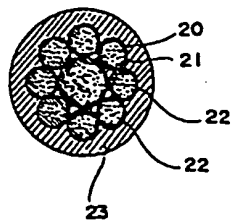


第13図

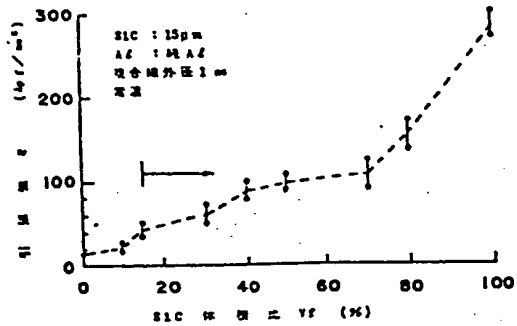


第9図

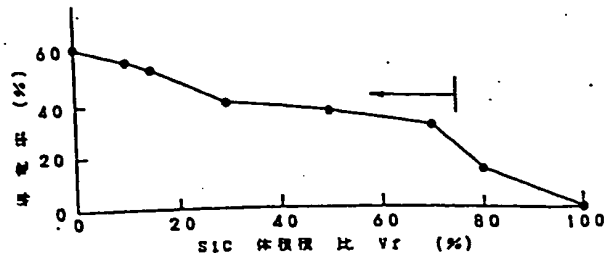
- 20: カーボン繊維
- 21: マトリックス
- 22: カーボン繊維集合体
- 23: 界面層



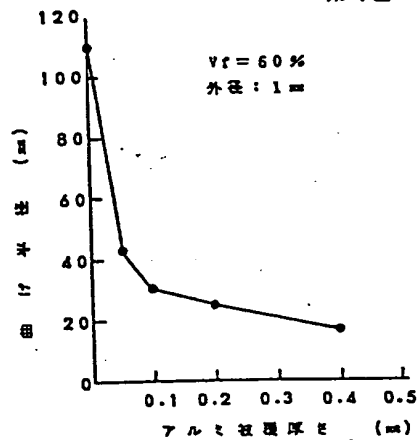
第10図



第11図



第12図



第13図

